

THIS PAGE BLANK (USPTO)



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.06.2003 Patentblatt 2003/26

(51) Int Cl.⁷: **G01S 17/89**, **G01C 15/00**

(21) Anmeldenummer: **02025267.2**

(22) Anmeldetag: 13.11.2002

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

- **Reichert, Rainer**
3580 Horn (AT)
- **Studnicka, Nikolaus**
1190 Wlen (AT)
- **Ullrich, Andreas**
3003 Gablitz (AT)

(30) Priorität: 19.12.2001 AT 19862001

(71) Anmelder: **Riegler Laser Measurement Systems GmbH**
3580 Horn (AT)

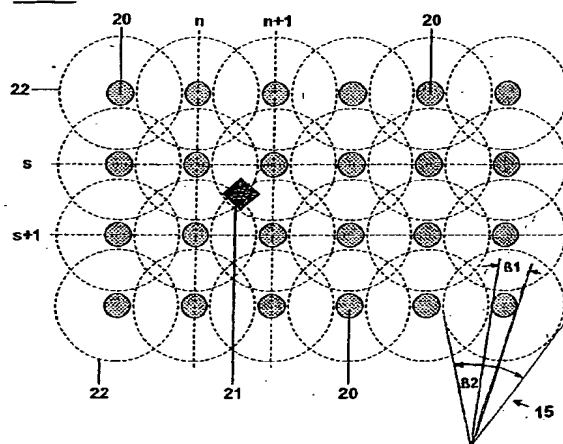
**(74) Vertreter: Révy von Belvárd, Peter et al
Büchel, von Révy & Partner
Patentanwälte,
Im Zedernpark
Bronschhoferstrasse 31
9500 Wil (CH)**

(72) Erfinder:
• **Riegl, Johannes**
3754 (AT)

(54) Verfahren zur Aufnahme eines Objektraumes

(57) Ein Verfahren zur Aufnahme eines Objektraumes arbeitet mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren. Sie weist dazu eine Sendeeinrichtung (9) zum Aussenden von Laser-Strahlung und eine oder mehrere Empfangseinrichtungen (14) für Laserstrahlung auf, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert wird. Ferner ist eine Scan-Einrichtung (8, 11, 12 und 1b, 18, 19) zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- (9) und Empfangseinrichtung (14) in zwei orthogonale Richtungen vorgesehen. Der Ablenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entfernungsmessungen ist dabei größer als der Divergenzwinkel des Sendestrahles. Außerdem ist eine Auswerteeinrichtung (3) vorhanden, die aus der Laufzeit der Lasersignale Entfernungswerte ermittelt. Jedem Entfernungswert wird ein Raumwinkel zugeordnet ist. Im Objektraum sind Retro-Reflektoren (6) angeordnet, wobei zusätzlich zu den Aufnahmen mit normaler Strahldivergenz solche mit so weit vergrößerter Strahldivergenz durchgeführt werden, daß dieser zumindest dem für die Aufnahme gewählten Ablenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen entspricht, wobei aus dieser Aufnahme die Koordinaten der Retro-Reflektoren (6) ermittelt und anschließend diese Koordinaten für die Aufnahmen mit normaler Strahldivergenz verwendet werden.

FIG. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Aufnahme eines Objektraumes mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren mit einer Sendeeinrichtung zum Aussenden von optischen Signalen, insbesondere von Laser-Strahlung, und einer Empfangseinrichtung zum Empfangen von optischen Signalen, insbesondere von Laserstrahlung, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert wird, wobei sowohl der Sende- als auch der Empfangseinrichtung optische Systeme vorgeschaltet sind. Im besonderen weist der Entfernungsmesser eine Scan-Einrichtung zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung in, vorzugsweise zwei, orthogonale Richtungen auf, wobei der Ablenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entfernungsmessungen einstellbar und gegebenenfalls größer ist als der Strahldivergenzwinkel der ausgesandten optischen Strahlung. Der Entfernungsmesser umfaßt ferner eine Auswerteeinrichtung, die aus der Laufzeit bzw. der Phasenlage des ausgesandten optischen Signals Entfernungswerte ermittelt, wobei jedem Entfernungswert ein Raumwinkel zugeordnet ist. Bei der Aufnahme eines Objektraumes sind in diesem Referenz-Marken, z.B. Retro-Reflektoren, angeordnet, die entweder definierte geographische Koordinaten aufweisen und damit geeignet sind, die Aufnahmen in ein solches Koordinatensystem einzufügen oder bei mehreren Aufnahmen aus unterschiedlichen Richtungen geeignet sind, das Zusammenfügen dieser Aufnahmen, z.B. zur Erzeugung eines 3-D-Modelles zu unterstützen.

[0002] Wenn im Rahmen dieser Erfindung von einem Signal-Laufzeitverfahren die Rede ist, so soll dieser Ausdruck im weitesten Sinne verstanden werden. Denn die Laufzeit eines Signales läßt sich entweder durch Abzählen der verstreichenden Zeit von der Aussendung des optischen Signals bis zum Erhalt des reflektierten Strahles messen oder durch Vergleich der Phasenlage zwischen Sendestrahl und Empfangsstrahl. Beide Möglichkeiten sollen von der Erfindung erfaßt werden.

[0003] Da die als Referenzmarken dienenden Retro-Reflektoren typisch eine Größe von etwa 25 mm x 25 mm bis 100 mm x 100 mm aufweisen und moderne Entfernungsmesser bei einer Strahldivergenz kleiner 1 mrad, beispielsweise 0,3 mrad, Reichweiten von deutlich über 1000 m aufweisen, kann nicht mit Sicherheit davon ausgegangen werden, daß der Entfernungsmesser auch alle Referenzmarken erfaßt. Insbesondere bei einem weitgehend automatisch ablaufenden Meßprogramm kann dies zu Problemen führen und eine Wiederholung der Messung erforderlich machen. Da die Auswertung, insbesondere die Verknüpfung mehrerer Aufnahmen bzw. der zugehörigen Data-Files zu einem 3-D-Modell in der Regel off-line und nicht mehr im Feld erfolgt, kann dies einen beträchtlichen zusätzlichen Aufwand bedingen.

[0004] Es ist ein Ziel der Erfindung, bei Meß-Syste-

men der eingangs beschriebenen Art, zu gewährleisten, daß die Referenzmarken mit Sicherheit erfaßt werden. Grundsätzlich könnte man das Verhältnis von Strahldivergenz und Abtastrate so wählen, daß sich die Meß-Flecke zweier aufeinanderfolgender Messungen so weit überlappen, daß auch eine sehr weit entfernte positionierte Referenzmarke mit Sicherheit erfaßt wird. Dies würde jedoch eine sehr hohe Anzahl von Meßwerten und damit sehr lange Meßzeiten für den gesamten Objektraum bedeuten. So lange Meßzeiten sind aber vielfach nicht akzeptabel. Zum einen wenn es sich nicht um rein statische Objekte handelt, zum anderen wenn für die Dauer der Aufnahme andere Abläufe unterbrochen werden müssen, wie dies z.B. bei der Dokumentation von Verkehrsunfällen oder bei einem Einsatz im industriellen Bereich der Fall sein kann. Konkret sollen also die oben angeführten Ziele auch bei Einhaltung kurzer Meßzeiten erreicht werden.

[0005] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erzielt, daß vor den oder im Anschluß an die Aufnahmen mit normaler Strahldivergenz solche mit vergrößerter Strahldivergenz durchgeführt werden, wobei gegebenenfalls in den Strahlengang des Senders und eventuell auch des Empfängers optische Elemente, vorzugsweise Linsensysteme, eingebracht werden, die den Strahldivergenzwinkel, beispielsweise um den Faktor 10 bis 20, vergrößern, so daß dieser mindestens dem für die Aufnahme gewählten Ablenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen entspricht, wobei aus dieser Aufnahme mit vergrößerter Strahldivergenz die Koordinaten der Referenzmarken ermittelt werden und anschließend die Koordinaten für die Aufnahmen mit normaler Strahldivergenz verwendet werden.

[0006] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung werden zur Einstellung der Strahldivergenz des Senders und gegebenenfalls auch des Empfängers die diesen vorgeschalteten optischen Systeme in ihrer Brennweite und/oder Fokussierung verändert.

[0007] Vorteilhaft werden nach der Aufnahme mit vergrößerter Strahldivergenz in denjenigen Bereichen, in welchen Referenz-Marken ermittelt worden sind, Detail-Aufnahmen mit normaler Strahldivergenz durchgeführt, wobei gegebenenfalls das dem Sender vorgeschaltete optische System unter Nutzung des aus der Messung mit vergrößerter Strahldivergenz bekannten Entfernungswertes der Referenzmarke auf diese fokussiert wird. Die Abtastung erfolgt hierbei mit einer so weit erhöhten Auflösung, daß der Ablenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entfernungsmessungen in etwa gleich oder kleiner ist als der Strahldivergenzwinkel und aus diesen Detailaufnahmen die Koordinaten der Referenzmarken mit hoher Genauigkeit, gegebenenfalls durch gewichtete Mittelung, ermittelbar sind.

[0008] Werden als Referenzmarken Retro-Reflektoren eingesetzt, so kann die Amplitude der Echosignale so hohe Werte erreichen, daß der Empfangskanal übersteuert wird. Dies kann zu einer Verfälschung des Entfernungsmesswertes führen. Um dies zu vermeiden,

Fig. 5 veranschaulicht schließlich ein Blockschaltbild der Einrichtung.

[0017] Die aus den verschiedenen Standorten gewonnenen Datafiles werden anschließend zu einem 3-D-Modell verknüpft, wobei Referenzmarken zur Dekkung gebracht werden. Die Referenzmarken können Kennungen aufweisen, so daß der Rechner in der Lage ist, diese automatisch zu identifizieren und bei der Auswertung zur Deckung zu bringen, andernfalls kann eine Unterstützung durch den Bedienenden erforderlich sein. Sind die Koordinaten der Referenzmarken in einem beliebigen Koordinatensystem definiert, so kann das Objekt in diesem Koordinatensystem positioniert werden. Das 3-D-Modell des Objektes kann in beliebigen Ansichten dargestellt und mit geeigneten CAD-Pro-

grammen weiter bearbeitet werden.

[0018] In den Figuren 2 und 3 ist ein kleiner Ausschnitt des Abtastrasters des Laserscanners dargestellt, wobei die Verteilung der Meßwerte nicht streng regelmäßig sein muß. Das Objektfeld wird durch den Laserscanner mit einem Meß-Strahl abgetastet, der einen Divergenzwinkel β von etwa 0,3 mrad aufweist. In den Fig. 2 und 3 sind die entsprechenden Meßflecke mit 20 bezeichnet, die einem ersten Divergenzwinkel β_1 entsprechen. In dem dargestellten Beispiel verschwenkt die Scan-Einrichtung den Meß-Strahl zwischen zwei Messungen um etwa 1 mrad. Die Wahl dieser Scan-Rate stellt einen Kompromiß zwischen Auflösung und Meß-Zeit dar. An sich wäre es erwünscht, die Scan-Rate so klein zu wählen, daß sich die Meß-Flecke stets ausreichend überlappen. Auf der anderen Seite führen diese geringen Scan-Raten zu außerordentlich langen Meß-Zeiten, die speziell dann, wenn es sich um große Scanbereiche oder um nicht um rein statische Objekte handelt, nicht akzeptabel sind.

[0019] Ein Verhältnis von Scan-Rate und Strahl-Divergenz β , wie sie der Fig. 2 zugrunde liegt, stellt hinsichtlich der Auflösung normaler Objekte im allgemeinen kein Problem dar, bei den Referenzmarken kann es allerdings zu Schwierigkeiten kommen. Die in der Regel als Referenzmarken eingesetzten Retro-Reflektoren 6 weisen typische Abmessungen von ca. 50 mm x 50 mm bis 100 mm x 100 mm auf. Bei Reichweiten moderner Laserscanner, die bei 1 km und deutlich darüber liegen, erscheinen diese Objekte unter einem so kleinen Winkel, daß die Wahrscheinlichkeit, daß die Meß-Strahlen die Reflektoren nicht erfassen, sehr groß ist. In Fig. 2 ist ein solcher Fall dargestellt: der Reflektor 21 liegt in dem Feld $(n, n+1; s, s+1)$, d.h. in Richtung der vertikalen Koordinaten α und der horizontalen Koordinaten ϕ , zwischen den Meß-Flecken und wird daher vom Gerät nicht erkannt.

[0020] Um dies zu vermeiden, wird der Laser-Scanner erfindungsgemäß auf einen zweiten Meß-Modus umgeschaltet, in welchem die Divergenz des Meß-Strahles zu einem Winkel β_2 annähernd um den Faktor 5 vergrößert ist, die entsprechenden Meß-Flecke sind in der Zeichnung mit 22 bezeichnet. Diese Strahl-Aufweitung kann durch Einschaltung einer Optik in den Strahlengang des Laser-Senders erfolgen und wird weiter unten an Hand der Fig. 4 näher erläutert. Es kann aber auch (gegebenenfalls zusätzlich dazu) durch ein optisches System an Stelle einer einschieb- oder einschwenkbaren Linse vorhanden sein, dessen Strahlendivergenz durch Verstellen eines Gliedes entlang der optischen Achse zur Veränderung der Brennweite und/oder des Fokus verschoben wird.

[0021] Durch die Strahl-Aufweitung wird auch die auf die Flächeneinheit auftreffende Energie stark vermindert, so daß bei vielen Objekten die rückgestrahlte Energie nicht mehr für eine Auswertung ausreicht. Die Retro-Reflektoren weisen jedoch einen so hohen Reflexionsgrad auf, daß auch bei einer Aufstellung der Referenz-

marken in großer Distanz das reflektierte Signal eine, für eine sichere Messung völlig ausreichende Amplitude aufweist. Im Gegenteil: vielfach sind, wie später erläutert werden wird, zusätzliche Maßnahmen erforderlich, um eine Übersteuerung der Empfangseinrichtung durch die großen Amplituden der von den Retro-Reflektoren rückgestrahlten Signale zu vermeiden. Da sich in diesem Meß-Modus mit großer Strahl-Divergenz die einzelnen Meß-Flecke überlappen, werden die Referenzmarken mit Sicherheit erkannt. Dieser Modus wird ausschließlich dazu benutzt, die im Objektfeld positionierten Referenzmarken zu identifizieren, alle anderen Objekte, die wesentlich leistungsschwächere Signale liefern, werden hingegen unterdrückt. Allerdings ist die Genauigkeit, mit der die Positionen der Referenzmarken ermittelt werden, nicht besonders hoch.

[0022] Da aber die Genauigkeit mit der ein 3-D-Modell in ein übergeordnetes Koordinatensystem eingebettet werden kann, primär von der exakten Definition der Positionen der Referenzmarken bestimmt wird, werden nach einem weiteren Merkmal der Erfindung in einem dritten Meß-Modus jene Teilbereiche des Objektfeldes mit geringer Abtastrate und damit hoher räumlicher Auflösung gescannt, in welchen im zweiten Modus eine Referenzmarke ermittelt worden ist. Die Fig. 3 veranschaulicht dies für die in dem Feld $(n, n+1; s, s+1)$ gemessene Referenzmarke 21. In dem dritten Modus wird wieder die ursprüngliche Strahldivergenz, in diesem Beispiel von 0,3 mrad gewählt, allerdings wird mit der geringen Scannrate nur in dem Bereich zwischen n und $n+1$ gemessen, während die Bereiche zwischen den Referenzmarken mit hoher Geschwindigkeit überstrichen werden. Die Scan-Rate bzw. die Winkelschrittweite wird so gewählt, daß sich die Meß-Flecke überlappen. In diesem Modus können die Positionen der Referenzpunkte mit hoher Genauigkeit ermittelt werden. Diese werden bei der Auswertung der Ergebnisse des Meß-Modus 1 verwendet.

[0023] Einzelheiten des erfindungsgemäßen Prinzips werden an Hand der Fig. 4 näher erläutert. Am Meßkopfunterteil 1a, der am Stativ 2 befestigt ist, ist der Meßkopfbortteil 1b um eine vertikale Achse 23 schwenkbar gelagert. Angetrieben wird der Meßkopfbortteil 1b hierbei durch einen Motor 18. Ein auf derselben Achse angeordneter Winkeldecoder 19 meldet die jeweilige Winkelstellung ϕ des Meßkopfes 1 (Fig. 1) an eine Auswerteeinrichtung 3 zurück. Der Meßkopfbortteil 1b umfaßt den Laser-Entfernungsmesser und ein Spiegelprisma 8, das um eine horizontale Achse 24 drehbar ist. An Stelle eines Spiegelprismas können natürlich auch andere Methoden zum Abtasten eines Objektfeldes eingesetzt werden, wie Kippspiegel oder eine elektronische Abtastung. Angetrieben wird das Spiegelprisma von einem Motor 11, auf dessen Welle ein Winkeldecoder 12 angeordnet ist. Gesteuert wird der Antrieb des Spiegelprismas 8 von der Auswerteeinrichtung 3, die auch die Signale des Winkeldecoders 12 verarbeitet. Wenn hier auch ein einziges Prisma 8 für Sende-

und Empfangsstrahl vorgesehen ist, so versteht es sich, daß alternativ für jeden Kanal ein gesondertes Abtastrsystem vorgesehen sein könnte, wobei jedoch diese Systeme miteinander synchronisiert werden müßten, was einen zusätzlichen Aufwand bedeutet.

[0024] Die Auswerteeinrichtung umfaßt auch die Elektronik des Entfernungsmessers und steuert einen Laser 9 an. Dieser kann aus einer Laserdiode bestehen oder auch aus einem Festkörper- oder Gas-Laser, vorteilhaft aus einem dioden-gepumpten güte-geschalteten Festkörperlaser. Mit 10 ist eine Optik bezeichnet, die im allgemeinen so justiert ist, daß sie die Laser-Quelle ins Unendliche abbildet. Durch das rotierende Spiegelprisma 8 wird der Meß-Strahl 15 in Richtung des Pfeiles α abgelenkt. Parallel zum Sendekanal 9, 10 ist ein Empfangskanal vorgesehen, der eine Optik 13 und eine Empfangsdiode 14 aufweist. Die optische Achse des Empfangskanales wird durch das Spiegelprisma 8 parallel zum Meß-Strahl 15 abgelenkt. Zwischen dem Laser 9 und der Optik 10 bzw. zwischen der Empfängerdiode 14 und der Optik 13 sind zwei in einer horizontalen Ebene verschiebbare Schlitten 25 und 26 angeordnet. Der erstere, 25, enthält zwei Linsensysteme 27, mit welchen einerseits der Meß-Strahl aufgeweitet, andererseits das Meßfeld des Empfangskanales entsprechend vergrößert wird. Im zweiten Schlitten 26 sind Graufilter 28 vorgesehen, mit denen, mit welchen, einerseits die Sendeleistung reduziert, andererseits die Amplitude des Empfangssignales bedämpft werden kann. Die beiden Schlitten werden entweder manuell oder (bevorzugt) durch nicht dargestellte Antriebe in den Strahlengang von Sender und Empfänger eingefahren bzw. aus diesem zurückgezogen. Gesteuert werden die Antriebe der beiden Schlitten durch die Auswerteeinrichtung 3. An sich ist im Rahmen der Erfindung auch eine umgekehrte Anordnung möglich, indem zur Veränderung des Winkels β im ersten Verfahrensschritt die Strahlendivergenz durch eine negative Linse verringert und dann durch Entfernen der Linse vergrößert wird. Auch wurde bereits gesagt, daß das System 27 ständig im Strahlengang verbleiben kann, wenn mindestens eine entlang der optischen Achse verstellbare Linse zur Veränderung der Brennweite und/oder des Fokus vorgesehen wird. In jedem Falle aber benötigt man ein bewegliches optisches System.

[0025] Die Fig. 5 zeigt in Form eines Blockdiagramms schematisch den Aufbau des Steuergerätes 3 des Laser-Scanners gemäß der Erfindung, wobei in diesem Diagramm nur die den Ablenkeinheiten nachgeschalteten Systeme dargestellt sind. Der Laser-Transmitter 35 dieser Anlage arbeitet mit einem passiv-gütegeschalteten Festkörperlaser 9, der durch Dioden 30 gepumpt wird. Im Gegensatz zu bekannten Laserentfernungsmessern, die mit Laserdioden arbeiten, kann der Festkörper-Laser 9 nicht durch den Prozessor 34 synchronisiert werden, sondern ist freilaufend. Es ist daher notwendig, dem Empfänger 140 neben den Echo-Impulsen auch die Sendeimpulse zuzuführen. Dies kann vorteil-

haft mittels eines im Strahlengang des Festkörperlasers 9 eingebrachten Lichtleiters 53 erfolgen. Das aus dem Sende-Strahlengang abgezweigte Laser-Licht wird über den Lichtleiter 53 direkt dem Empfänger 14 zugeleitet. Alternative Lösungsansätze basieren auf eigenen separaten Empfängern zur Erzeugung eines elektrischen Pulses für die Laufzeitmessung.

[0026] Neben der Sendeoptik 10 ist eine Empfänger-optik 13 vorgesehen, deren optische Achse parallel zu der der Sendeoptik 10 ausgerichtet ist. Die Empfänger-optik 13 konzentriert die von einem im Strahlengang der Sendeoptik befindlichem Ziel im allgemeinen diffus reflektierte Strahlung auf die Empfangsdiode 14. Mit Vorteil wird als Empfangsdiode 14 eine Avalanche-Diode eingesetzt. Vorzugsweise sind Sendelaser und Empfangsdiode in ihrer spektralen Charakteristik aufeinander abgestimmt, wobei die Empfangsdiode ihre maximale spektrale Empfindlichkeit in demjenigen Bereich aufweist, in welchem der Sendelaser maximal emittiert. Da die Empfangsdiode 14 aber neben der von dem Sendelaser emittierten und vom Ziel reflektierten Strahlung viel Störstrahlung in Form von Tageslicht oder Licht von den verschiedensten Kunstlichtquellen empfängt, kann es vorteilhaft sein, der Empfangsdiode ein möglichst schmalbandiges, optisches Filter vorzusetzen, welches seine maximale Transmission in dem Spektralband aufweist, in welchem der Laser 9 emittiert.

[0027] In dem mehrzielfähigen Empfangskanal, der von einem Clock-Generator 52 gesteuert wird und aus einer Verstärker- und Analogsignalprozessorstufe 36 und einem Analog-/Digitalwandler 37 besteht, werden der Sendeimpuls und der Echo-Impuls bzw. die Echo-Impulse digitalisiert und weiter verarbeitet. Unter Berücksichtigung der konstanten Laufzeit des Referenz-Sendeimpulses im Lichtleiter 53 wird aus der Zeitdifferenz zwischen dem Eintreffen des Sendeimpulses und des Echo-Impulses die Entfernung des jeweiligen Objektes ermittelt. Dies ist natürlich nur ein Beispiel, denn es wäre ebenso denkbar, eine digitale Prozessorstufe zu verwenden und daher einen A/D-Wandler dieser vorzuschalten. Ebenso wäre es denkbar, die gesamte Auswertung analog vorzunehmen.

[0028] Getaktet wird die gesamte Einrichtung durch einen Clock-Generator 52. Der Prozessor 34 und der Datenspeicher 38 sind durch einen Datenbus miteinander verbunden, der schematisch angedeutet und mit 39 bezeichnet ist. An diesen Datenbus 39 sind ferner ein Programmspeicher 40 für den Prozessor 34 angeschlossen, sowie ein Datenzwischenspeicher 41, in welchen nach einer ersten Auswertung durch den Prozessor 34 Rohdaten abgelegt werden, die am Ende des Meßzyklus ausgelesen werden. Aus diesen Rohdaten wird mit im Programmspeicher abgelegten Algorithmen ein Entfernungswert für jedes einzelne Rasterelement (Pixel) ermittelt.

[0029] Zusätzlich zum oben beschriebenen Empfangskanal 13, 14 kann im Rahmen der Erfindung (mindestens) ein weiterer, kollinearer Empfangskanal 13', 14'

verringerten Empfindlichkeit vorgesehen werden. Dieser kann beispielsweise mittels eines lediglich symbolisch dargestellten Schalters S an Stelle des ersten Empfangskanals 13, 14 eingeschaltet werden. Dieser zweite Empfangskanal 13', 14' mag im oben beschriebenen zweiten Meßschritt zur Bestimmung der Entfernung bzw. der Koordinaten der Referenzmarken 6 eingesetzt werden. Zu diesem Zwecke kann der Schalter S über den Bus 39 und eine strichliert angedeutete Verbindung 51 betätigt werden.

[0030] Die Steuerung des Antriebes des Spiegelprismas 8 erfolgt durch die Einheit 45, die des Meßkopfantriebes durch die Einheit 46. Durch den Prozessor 34 werden die aus den drei verschiedenen Meß-Modi bestehenden Sequenzen gesteuert. Die dazu notwendige Strahlaufweitung und Signaldämpfung wird über die Einheit 44 ausgelöst, welche die Antriebe für die Schlitzen 25 und 26 mit den optischen Systemen bzw. Graufilter steuert. Die insbesondere für den Modus 3 erforderliche Variation der Scan-Rate wird ebenfalls durch den Prozessor 34 ausgelöst, wobei die Einheit 46 entsprechend angesteuert wird.

[0031] Die Datafiles der verschiedenen Scan-Aufnahmen, die jeweils aus einer Mode 1- und Mode 3- Aufnahme bestehen sowie pro Rasterelement einem Datensatz bestehend aus den beiden Winkelkoordinaten α und ϕ , einen Entfernungswert und gegebenenfalls noch weiteren Daten wie der Signal-Amplitude, Signalbreite und -form etc., werden in einem Speicher 43 abgelegt.

[0032] Die weitere Verarbeitung mehrerer Scan-Aufnahmen zur Erzeugung eines 3-D-Modells des Zielraumes erfolgt in einem Rechner 42. Diese Verarbeitung erfolgt in der Regel off-line. Hierbei werden die bei den einzelnen Scan-Aufnahmen gewonnenen Data-Files ("Punkt-Wolken" oder "cluster") im Rechner 42 miteinander verschmolzen, wobei die Referenzmarken zur Deckung gebracht werden. Das Ergebnis ist ein 3-D-Modell, das als ein Data-File zur Verfügung steht und beispielsweise mit Konstruktions-, Geodäsie-, Architektur- oder ähnlichen Computerprogrammen weiter bearbeitet werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufnahme eines Objektraumes mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren mit einer Sendeeinrichtung zum Aussenden von optischen Signalen, insbesondere von Laser-Strahlung, und einer Empfangseinrichtung zum Empfangen von optischen Signalen, insbesondere von Laserstrahlung, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert wird, wobei sowohl der Sende- als auch der Empfangseinrichtung optische Systeme vorgeschaltet sind, ferner mit einer Scan-Einrichtung zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- und

Empfangseinrichtung in, vorzugsweise zwei orthogonale, Richtungen, wobei der Ablenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entfernungsmessungen einstellbar und gegebenenfalls grösser ist als der Strahldivergenzwinkel der ausgesandten optischen Strahlung, ferner mit einer Auswerteeinrichtung, die aus der Laufzeit bzw. der Phasenlage des ausgesandten optischen Signals Entfernungswerte ermittelt und jedem Entfernungswert ein Raumwinkel zugeordnet ist, wobei im Objektraum Referenz-Marken, z.B. Retro-Reflektoren, angeordnet sind, die entweder definierte geographische Koordinaten aufweisen und damit geeignet sind, die Aufnahmen in ein solches Koordinatensystem einzufügen oder bei mehreren Aufnahmen aus unterschiedlichen Richtungen geeignet sind, das Zusammenfügen dieser Aufnahmen, z.B. zur Erzeugung eines 3-D-Modelles zu unterstützen,

dadurch gekennzeichnet, daß

vor den oder im Anschluß an die Aufnahmen mit normaler Strahldivergenz (20) solche mit vergrößerter Strahldivergenz (22) durchgeführt werden, wobei gegebenenfalls in den Strahlengang (15) des Senders (9) und eventuell auch des Empfängers (14) optische Elemente, vorzugsweise Linsensysteme (27) eingebracht werden, die den Strahldivergenzwinkel, beispielsweise um den Faktor 10 bis 20, vergrößern, so daß dieser mindestens dem für die Aufnahme gewählten Ablenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen entspricht, wobei aus dieser Aufnahme mit vergrößerter Strahldivergenz die Koordinaten der Referenzmarken ermittelt werden und anschließend die Koordinaten für die Aufnahmen mit normaler Strahldivergenz verwendet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Einstellung der Strahldivergenz des Senders (9) und gegebenenfalls auch des Empfängers (14) die diesen vorgeschalteten optischen Systeme (10 bzw. 13) in ihrer Brennweite und/oder Fokussierung verändert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** nach der Aufnahme mit vergrößerter Strahldivergenz in den Bereichen, in welchen Referenz-Marken (6) ermittelt worden sind, Detail-Aufnahmen mit normaler Strahldivergenz (20) durchgeführt werden, wobei gegebenenfalls das dem Sender (9) vorgeschaltete optische System (10) unter Nutzung des aus der Messung mit vergrößerter Strahldivergenz bekannten Entfernungswertes der Referenzmarke (6) auf diese fokussiert wird, wobei die Abtastung mit einer so weit erhöhten Auflösung erfolgt, daß der Ablenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entfernungsmessungen in etwa gleich oder kleiner ist als der Strahldivergenzwinkel, so daß aus diesen Detail-

- aufnahmen die Koordinaten der Referenzmarken (6) mit hoher Genauigkeit, gegebenenfalls durch gewichtete Mittelung, ermittelbar sind (Fig.3).
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem Retro-Reflektoren als Referenzmarken eingesetzt werden, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Begrenzung der Dynamik der Empfangssignale bei den Aufnahmen zur Ermittlung der Position der Referenzmarken (6) die Sendeleistung oder die der Empfangssignale, vorzugsweise durch Einführen eines optischen Dämpfungsgliedes, beispielsweise eines Graufilters (28), in den Strahlengang des Senders (9) oder des Empfängers (14), reduziert wird.
 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die optischen Dämpfungsmittel in ihrer Wirkung kontinuierlich variabel sind, und beispielsweise aus kontinuierlich verstellbaren Aperturblenden und/oder Graukeilen etc. bestehen, oder daß sie in ihrer Wirkung stufenweise variabel sind und beispielsweise aus Lochblenden und/oder Stufen-Graufiltern etc. bestehen, und daß diese Dämpfungsmittel nach einer ersten Messung so verstellt werden, daß der Empfangskanal im optimalen Dynamikbereich betrieben wird.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, bei welchem Retro- Reflektoren als Referenzmarken eingesetzt werden, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein zweiter oder weitere kollineare Empfangskanäle (13', 14') mit reduzierter Empfindlichkeit vorgesehen sind und bei der Messung der retro-reflektierenden Referenzmarken (6) einer der unempfindlichen Empfangskanäle zur Entfernungsmessung herangezogen wird.
 7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Sendeeinrichtung zum Aussenden von optischen Signalen, insbesondere von Laser-Strahlung, und einer Empfangseinrichtung zum Empfangen von optischen Signalen, insbesondere von Laserstrahlung, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert wird, wobei sowohl der Sende- als auch der Empfangseinrichtung optische Systeme (10, 13, 27, 28) vorgeschaltet sind, ferner mit einer Scan-Einrichtung zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung in, vorzugsweise zwei orthogonale, Richtungen, wobei der Ablenkwinkel (α , φ) zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entfernungsmessungen einstellbar, durch zugeordnete Winkeldekoder bestimmbar und gegebenenfalls größer ist als der Strahldivergenzwinkel der ausgesandten optischen Strahlung, ferner mit einer Auswerteeinrichtung, die aus der Laufzeit bzw. der Phasenlage des ausgesandten optischen
- Signals Entfernungswerte ermittelt und jedem Entfernungswert ein vom Winkeldekoder bestimmter Raumwinkel (α , φ) zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens eines der optischen Systeme (10, 13, 27, 28) eine Einrichtung (27) zum Verändern der Strahldivergenz, vorzugsweise zum Vergrößern um mindestens einen Faktor von 5, beispielsweise um den Faktor 10 bis 20, aufweist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Begrenzung der Dynamik der Empfangssignale eine Einrichtung zur Reduktion der Sendeleistung oder der Leistung der Empfangssignale, vorzugsweise durch Einführen eines optischen Dämpfungsgliedes, beispielsweise eines Graufilters (28), in den Strahlengang des Senders (9) oder des Empfängers (14) vorgesehen ist.
 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das optische Dämpfungsglied (28) in seiner Wirkung kontinuierlich variabel ist, und beispielsweise aus einer kontinuierlich verstellbaren Aperturblende und/oder einem Graukeil etc. besteht, oder daß es in seiner Wirkung stufenweise variabel ist und beispielsweise aus einer Lochblende und/oder Stufen-Graufiltern etc. besteht.
 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** zusätzlich zum Empfangskanal (9, 14) noch mindestens ein zweiter kollinearer Empfangskanal (13', 14') mit reduzierter Empfindlichkeit vorgesehen ist, so daß die Vorrichtung mindestens zwei Empfangskanäle (9, 14; 13', 14') unterschiedlicher Empfindlichkeit enthält.

FIG 1

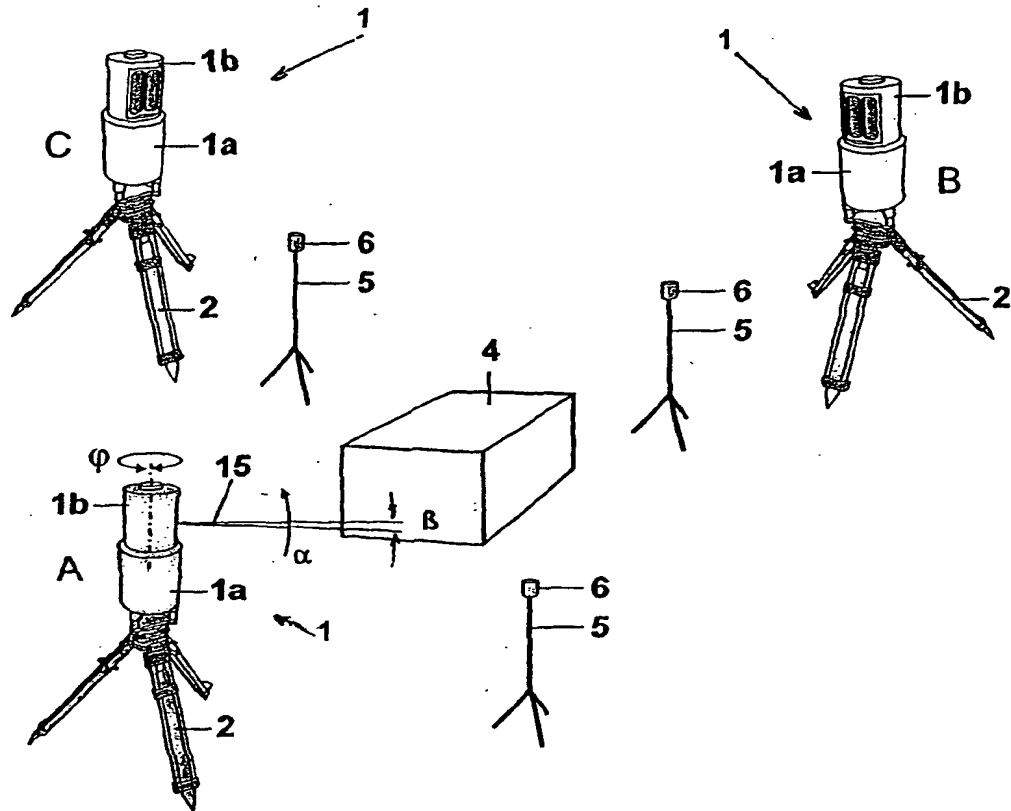


FIG 2

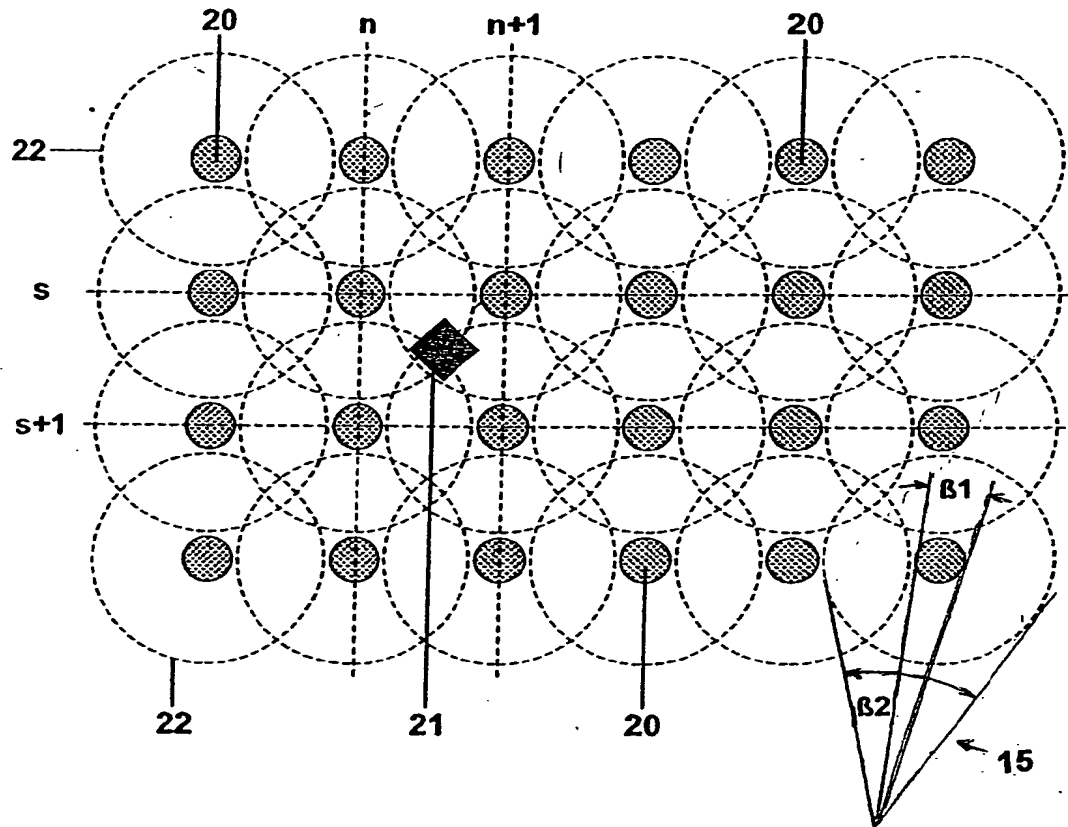


FIG 3

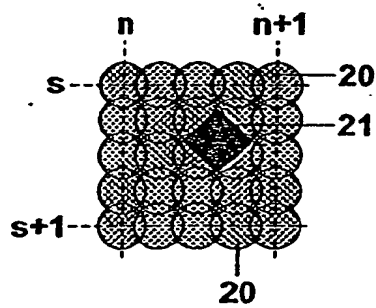
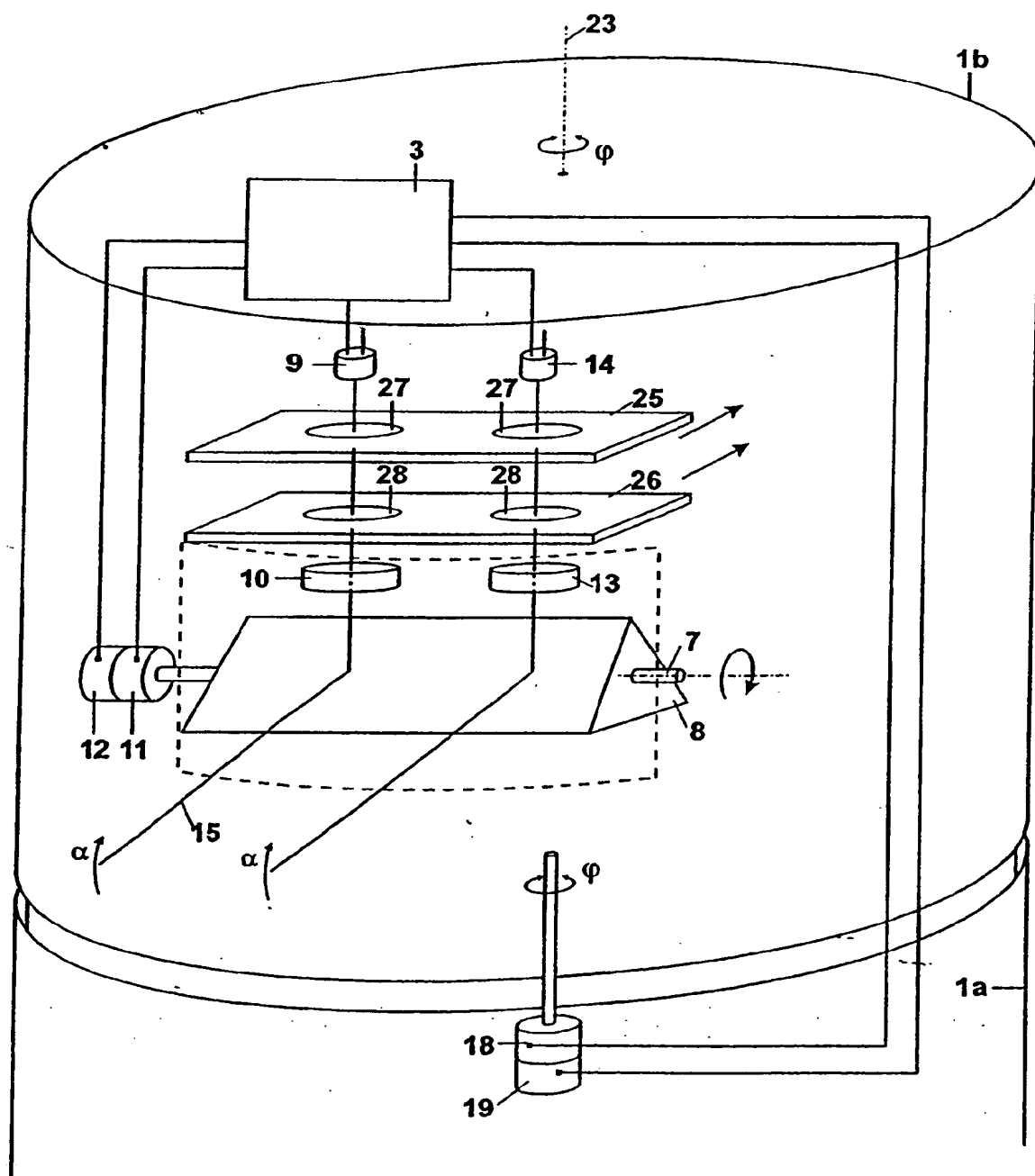


FIG 4

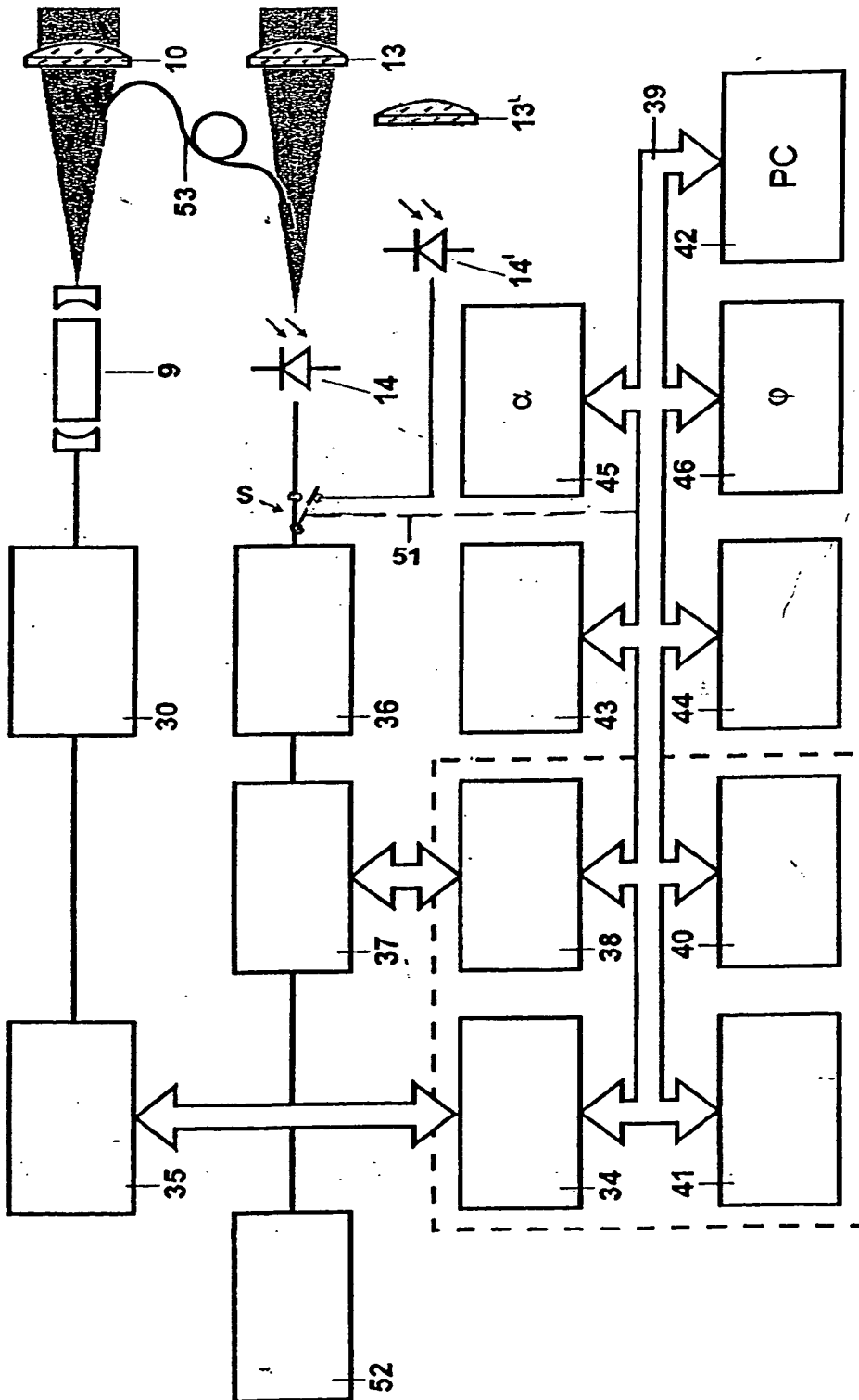


FIG. 5

THIS PAGE BLANK (11/18/70)

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 321 777 A3

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(88) Veröffentlichungstag A3:
03.11.2004 Patentblatt 2004/45

(51) Int Cl.7: **G01S 17/89, G01C 15/00**

(43) Veröffentlichungstag A2:
25.06.2003 Patentblatt 2003/26

(21) Anmeldenummer: **02025267.2**

(22) Anmeldetag: **13.11.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

- Reichert, Rainer
3580 Horn (AT)
- Studnicka, Nikolaus
1190 Wien (AT)
- Ullrich, Andreas
3003 Gablitz (AT)

(30) Priorität: **19.12.2001 AT 19862001**

(71) Anmelder: **Riegl Laser Measurement Systems
GmbH
3580 Horn (AT)**

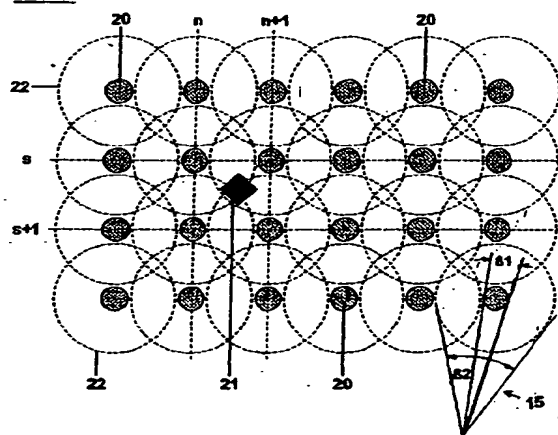
(74) Vertreter: **Révy von Belvárd, Peter et al
Büchel, von Révy & Partner
Patentanwälte,
Im Zedernpark
Bronschhoferstrasse 31
9500 Wil (CH)**

(72) Erfinder:
• **Riegl, Johannes
3754 (AT)**

(54) Verfahren zur Aufnahme eines Objektraumes

(57) Ein Verfahren zur Aufnahme eines Objektraumes arbeitet mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren. Sie weist dazu eine Sendeeinrichtung (9) zum Aussenden von Laser-Strahlung und eine oder mehrere Empfangseinrichtungen (14) für Laserstrahlung auf, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert wird. Ferner ist eine Scan-Einrichtung (8, 11, 12 und 1b, 18, 19) zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- (9) und Empfangseinrichtung (14) in zwei orthogonale Richtungen vorgesehen. Der Ablenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entfernungsmessungen ist dabei größer als der Divergenzwinkel des Sendestrahles. Außerdem ist eine Auswerteeinrichtung (3) vorhanden, die aus der Laufzeit der Lasersignale Entfernungswerte ermittelt. Jedem Entfernungswert wird ein Raumwinkel zugeordnet ist. Im Objektraum sind Retro-Reflektoren (6) angeordnet, wobei zusätzlich zu den Aufnahmen mit normaler Strahldivergenz solche mit so weit vergrößerter Strahldivergenz durchgeführt werden, daß dieser zumindest dem für die Aufnahme gewählten Ablenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen entspricht, wobei aus dieser Aufnahme die Koordinaten der Retro-Reflektoren (6) ermittelt und anschließend diese Koordinaten für die Aufnahmen mit normaler Strahldivergenz verwendet werden.

FIG. 2



EP 1 321 777 A3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 02 5267

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	WO 01/77709 A (ZIERLINGER WOLFGANG ; RIEGL JOHANNES (AT); ULLRICH ANDREAS (AT); RIEGL) 18. Oktober 2001 (2001-10-18) * Absätze [0001], [0002], [0004], [0011] *	1,7	G01S17/89 G01C15/00
A	US 5 638 164 A (LANDAU UZI) 10. Juni 1997 (1997-06-10) * Spalte 2, Zeile 27 - Spalte 3, Zeile 45 *	1,7	
A	US 6 330 523 B1 (DIMSDALE JERRY ET AL) 11. Dezember 2001 (2001-12-11) * Zusammenfassung * * Spalte 8, Zeile 6 - Spalte 9, Zeile 40 * * Spalte 23, Zeilen 1-9 *		
A	WO 99/46614 A (ULLRICH ANDREAS ; RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEM (AT); STUDNICKA NIKOL) 16. September 1999 (1999-09-16) * Seite 1, Zeilen 7-23 * * Seite 8, Zeile 33 - Seite 9, Zeile 4 *		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			G01S
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. September 2004	Prüfer Grübl, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 [P04C03]

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 02 02 5267

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-09-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0177709	A	18-10-2001	AT 412030 B	26-08-2004
			AT 5932000 A	15-01-2004
			AU 4267301 A	23-10-2001
			EP 1277067 A1	22-01-2003
			WO 0177709 A1	18-10-2001
			US 2003047684 A1	13-03-2003
US 5638164	A	10-06-1997	IL 110611 A	10-01-1997
US 6330523	B1	11-12-2001	US 5988862 A	23-11-1999
			US 2002059042 A1	16-05-2002
			EP 0895577 A2	10-02-1999
			JP 2000509150 T	18-07-2000
			US 2003001835 A1	02-01-2003
			US 2002158870 A1	31-10-2002
			US 2002149585 A1	17-10-2002
			US 2002145607 A1	10-10-2002
			US 6473079 B1	29-10-2002
			US 6246468 B1	12-06-2001
			US 6420698 B1	16-07-2002
			US 2004051711 A1	18-03-2004
			CA 2252409 A1	30-10-1997
			WO 9740342 A2	30-10-1997
WO 9946614	A	16-09-1999	AT 410593 B	25-06-2003
			AT 408701 B	25-02-2002
			AT 41198 A	15-10-2002
			AT 240533 T	15-05-2003
			AU 755210 B2	05-12-2002
			AU 2540899 A	27-09-1999
			CA 2320973 A1	16-09-1999
			DE 59905558 D1	18-06-2003
			EP 1062525 A1	27-12-2000
			WO 9946614 A1	16-09-1999
			JP 2002506977 T	05-03-2002
			US 6480270 B1	12-11-2002
			AT 168198 A	15-06-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)